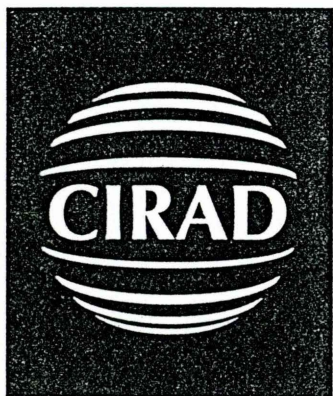


CIRAD-AMIS, Protection des cultures
CIRAD-FLHOR, Bananiers et plantains



COMPTE RENDU DE MISSION

**ATELIER INTERNATIONAL SUR
LA PRODUCTION DE BANANES,
BIOLOGIQUE OU RESPECTUEUSE
DE L'ENVIRONNEMENT**

Organisé par l'INIBAP-LAC et la EARTH

du 27 au 29 juillet 1998
à Guácimo, Costa Rica

J.L. SARAH
Laboratoire Phytrop



CALENDRIER

<i>25 juillet</i>	:	Châtellerault-Paris-Miami-San José
<i>26 juillet</i>	:	San Jose-Guácimo (EARTH)
<i>27-29 juillet</i>	:	Atelier INIBAP-EARTH
<i>30 juillet</i>	:	Guácimo-Turrialba (CATIE-INIBAP)
<i>31 juillet</i>	:	Turrialba-San Jose
<i>1er-2 août</i>	:	San José-Miami-Paris-Châtellerault

I - Atelier INIBAP-EARTH

Cet atelier a été réalisé à l'initiative de l'INIBAP-LAC (International Network for Improvement of Bananas and Plantains, section Amérique Latine et Caraïbes). Il s'est déroulé à Guácimo sur le site de la EARTH (Ecole d'Agriculture des Tropiques Humides).

Il s'agissait de :

- 1) faire le point des connaissances sur les possibilités de culture des bananiers sans apports chimiques,
- 2) déterminer les axes de recherches développement permettant de s'affranchir de la contrainte chimique en production bananière.

Les deux premiers jours ont été consacrés à des exposés présentant diverses expériences et des avis de spécialistes invités. Ces présentations couvraient tous les domaines de la production (fertilisation, sols, mycorhizes, amélioration variétale, lutte contre ravageurs et pathogènes, filières économiques et marchés). On trouvera les différents résumés des intervenants à la fin de ce document, ainsi que l'intégralité de ma présentation sur les gestion des nématodes par les pratiques culturales.

Si l'on met à part l'aspect naïf, voire carrément mystique, de certaines interventions, le sujet en lui-même représente un **enjeu majeur** pour les années à venir sur lequel le CIRAD gagnerait à s'**afficher** ouvertement. Les réglementations sur l'utilisation des intrants chimiques (y compris les fertilisants) et les produits non biodégradables ou non recyclables sont de plus en plus draconiennes et contraignantes. Par ailleurs l'attractivité des multiples sigles biologiques sur les consommateurs en fait une filière à haute valeur ajoutée. Il y a d'ailleurs de ce point de vue un vrai problème de prolifération des labels recouvrant des "tolérances chimiques" plus ou moins grandes, n'allant pas forcément dans le sens de l'information du consommateur.

Le troisième jour a été consacré à des groupes de travail. Le premier portait sur les techniques de production (de la plantation au conditionnement) et devait définir les axes de recherches prioritaires, faire des propositions pour une formation des agriculteurs et sur la mise à disposition des itinéraires techniques. Un certain nombre de connaissances sont acquises et les recherches conduites, notamment au CIRAD, visent à une production de plus en plus "propre" et économique. **L'amélioration variétale** est notamment un des axes majeurs pouvant permettre une production qui s'affranchisse le plus possible des contraintes chimiques. Mais d'autres points comme les diverses composantes de la **gestion intégrée des bioagresseurs**, l'utilisation des **symbiotes** (mycorhizes par exemple) et une meilleure **gestion de la fertilité** sont également des composantes importantes et non utopiques d'une production respectueuse de l'environnement.

Le second groupe de travail était consacré aux filières économiques et aux marchés ainsi qu'aux normes et labels. Les marchés potentiels et les enjeux économiques sont très importants, bien que difficiles à évaluer à l'heure actuelle. Une des clés est une clarification et un meilleur contrôle des labels.

Les diverses communications des intervenants ainsi que les conclusions détaillées des groupes de travaux seront diffusées très rapidement par l'INIBAP-LAC.

II - Divers

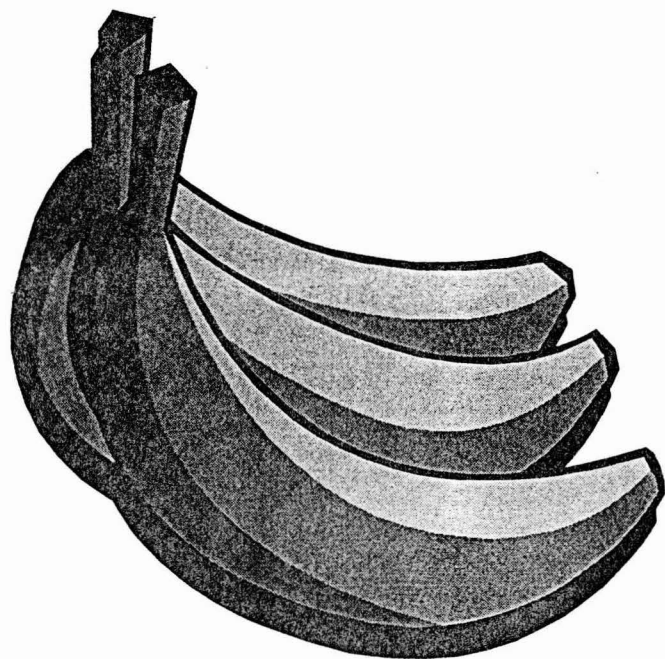
Cette réunion a permis en à-côté :

☞ Une prise de contact approfondie avec l'INIBAP-LAC par des discussions avec Franklin ROSALES et Sébastien TRIPON.

Les relations entre CIRAD et INIBAP-LAC sont en voie de renforcement. F. ROSALES a affiché ouvertement sa volonté de renforcer nos liens et de mieux faire appel aux compétences du CIRAD. Au début de 98 un projet FONTAGRO a été soumis qui n'a pas été retenu, notamment parce qu'il était trop vaste et couvrait à la fois les volets IPM de la maladie des raies noires, du BSV et des nématodes. Ce projet sera réécrit en séparant les trois composantes en trois projets distincts. F. ROSALES compte sur la participation active du CIRAD pour la conception et la réalisation de ces projets. Il devrait nous contacter prochainement à ce sujet.

☞ Une rencontre avec le coordinateur (B. DELVAUX) et le groupe canarien (ICIA) du projet INCO sur les mycorhizes. Cela a permis notamment de pallier en partie la rencontre ratée (pour cause de grève SNCF surprise) en juin dernier, et notamment de concrétiser des relations plus étroites avec le groupe Canarien pour un appui sur la composante nématodes du projet. La prochaine réunion de coordination se tiendra d'ailleurs aux Canaries en février 99.

Montpellier, le 12/9/98



RESUMENES DEL TALLER INTERNACIONAL
SOBRE PRODUCCION DE BANANO ORGANICO
Y/O AMBIENTALMENTE AMIGABLE

EARTH, Guácimo, Costa Rica

27- 29 de julio, 1998



TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMENES

- Marco conceptual de la producción orgánica o amigable al ambiente
Ing. L. Brenes, ANAO, Costa Rica
- Normativa nacional e internacional para la producción orgánica/ambientalmente amigable de banano
Ing. G. Soto, ANAO, Costa Rica
- Agricultura de precisión
Dr. J. J. Stoorvogel, Universidad de Wageningen, Holanda
y **Dr. R. Vargas**, CORBANA, Costa Rica
- Híbridos de banano y plátano resistentes/tolerantes a plagas y/o enfermedades
Dr. P. Rowe, FHIA, Honduras
- Prácticas de manejo de fertilización convencional de banano y su relación con la producción sustentable
Ing. A. López, CORBANA, Costa Rica
- Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo de banano
Ing. J. Orozco, INIFAP, México
- Empleo de fuentes alternativas de fertilizantes para la producción de banano y plátano en Cuba
Dr. R. García, INIVIT, Cuba
- Aplicaciones de las micorrizas arbusculares (MA) sobre plataneras micropropagadas
Dra. M. C. Jaizme, ICIA, España
- Manejo y conservación de suelos bananeros y su relación con la producción sostenible y la protección ambiental
Dr. B. Delvaux, Universidad de Lovaina, Bélgica

- Prácticas culturales para el control de nemátodos
Dr. J-L. Sarah, CIRAD-AMIS, Francia
- Prácticas culturales para el control de picudo
Dr. C. Gold, IITA, Uganda
- Prácticas culturales para el manejo de las enfermedades de Sigatoka
Dr. R. Romero, Chiquita Brands, Costa Rica
- Manejo sostenible de un área modelo de banano comercial y producción de banano orgánico FHIA-01 y FHIA-02
Ing. R. Ruiz B. e Ing. S. de Laprade, CORBANA, Costa Rica
- Producción de banano en cultivo biodinámico/orgánico
C. F. Meier, Horizontes Orgánicos, República Dominicana
- Factibilidad en la producción orgánica de banano Gros Michel bajo sistemas de pequeños agricultores
Dr. P. Tabora, EARTH, Costa Rica
- Disponibilidad de insumos para la producción de banano orgánico
Ing. S. Tripon, INIBAP-LACNET, Costa Rica e **Ing. G. Soto**, ANAO, Costa Rica
- El mercado en desarrollo del banano orgánico en Europa y Estados Unidos
C. F. Meier, Horizontes Orgánicos, República Dominicana
- Experiencia en apertura de nuevos mercados
Ing. E. Sauvé y Dr. B. Edwardson, Foodlinks, IDRC, Canadá
- Mercado mundial del banano orgánico: tamaño, demanda-oferta, precios, requisitos mínimos para exportación
Ing. E. Sauvé, Foodlinks, IDRC, Canadá

2. PROGRAMA

3. DIRECCIONES DE PARTICIPANTES

MARCO CONCEPTUAL DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA O AMIGABLE AL AMBIENTE

Luis Brenes

Apdo 869-1011

San José

Costa Rica

Se ha definido Desarrollo Sostenible como “el mejoramiento de la calidad de vida dentro de los límites que impone el ecosistema, sin comprometer el futuro de las nuevas generaciones”. Sin embargo, no tiene sentido hablar del mejorar la calidad de vida si primero no se responden preguntas básicas como ¿esta vida vale la pena ser vivida?, ¿quiénes tienen derecho a una mejor calidad de vida?, ¿cuál es mi responsabilidad personal hacia las necesidades que tienen otras personas?

Se afirma que la dignidad de la persona humana es un valor intrínseco, y que todos tienen *derecho* a satisfacer las necesidades que les garanticen una adecuada calidad de vida. Sin embargo, basados en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, también todos tenemos el *deber* de cooperar fraternalmente para que esta realización de nuestra potencialidad humana sea algo disfrutado por todos y no sólo por algunos.

Es a través de sus actos que el hombre influye en la historia, en su propia vida y en la de los demás, acercándose a ese ideal de vida o alejándose de él. Por lo tanto, todo acto humano es un acto social e implica una responsabilidad. Esto incluye nuestros actos profesionales en el campo que nos atañe: la agricultura.

Es la agricultura la actividad humana que satisface una de las necesidades básicas del hombre: el alimento. Sin embargo, la búsqueda de este bien no justifica los medios. Si no producimos alimentos tomando en cuenta las limitaciones impuestas por la Naturaleza, se corre el riesgo de crear un desbalance entre el desarrollo económico (producción), ambiental (uso adecuado de recursos) y social (justicia distributiva).

La Revolución Verde enfrentó el reto de producir alimentos bajo el supuesto que las limitaciones productivas se podrían resolver con desarrollo tecnológico, y no tuvo en cuenta las implicaciones ecológicas, sociales y económicas. Tampoco consideró que el hambre en el mundo y la escasez de alimentos son más producto de injusticia social y política que de falta real de alimentos. La mayor productividad no garantiza necesariamente menor hambre.

Se discuten algunas características comunes de los movimientos de agricultura alternativa que promueven el Desarrollo Sostenible. Estos movimientos comparten un enfoque agroecológico que toma la finca como un sistema integral,

favorece el reciclaje, la autosuficiencia, el control preventivo y la diversidad estructural y de procesos.

El Desarrollo Sostenible, no es una simple estrategia de mercado, una arenga de campaña política, ni una preservación irracional de los recursos naturales desligados de las necesidades del hombre. Es el ideal que nace de nuestra profunda convicción moral de que todos somos responsables por el destino y bienestar de los demás.

Sin este compromiso personal por lograr el bien común por encima del personal, sectorial o empresarial, la falta de justicia y equidad dentro y entre las naciones impedirán esta forma de desarrollo.

NORMATIVAS Y REGULACIONES PARA LA PRODUCCION DE BANANO AMIGABLE CON EL AMBIENTE

Gabriela Soto

Universidad de Costa Rica

Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA)

Apdo. 2060 – 1000

San José

Costa Rica

El impacto que sobre el ambiente han tenido las prácticas agrícola-productivas utilizadas en los últimos años, el reconocimiento de la capacidad finita de dilución de contaminantes que tiene el planeta, han llevado a la población mundial a presionar por formas de producción más amigables con el ambiente y sostenibles.

Los mercados de comercialización han buscado que el consumidor de un reconocimiento a los productores que utilicen manejos ambientalistas, ya sea a través de una preferencia del producto o a través de un sobreprecio. Pero para garantizar al consumidor la integridad de la calidad ambientalista del producto, fue necesario crear sistemas de certificación independientes, que a través de un sello, identifican aquellos productos que han cumplido con las normas de producción requeridas.

Sin embargo en esta categoría de banano amigable con el ambiente, existen una serie de posibilidades, dependiendo del tipo y grado de modificaciones que se hayan hecho al sistema de producción convencional. Es así como a en la última década han aparecido en el mercado diferentes entes certificadores de banano amigable con el ambiente, tales como EcoOK, Better Bananas, Banano Orgánico, Biodinámico, NutraClean Systems, ISO 14001, etc..

El número creciente de sellos en el mercado, las ventajas comparativas de la comercialización internacional utilizando estos sellos, han hecho necesaria la creación de normativas nacionales e internacionales para regular el uso de los mismos. Esto es especialmente importante en el caso de la certificación de banano orgánico, donde las agencias de certificación deben ser acreditadas a nivel gubernamental, nacional e internacional (Unión Europea, USDA, Codex Alimentarius) e internacional no-gubernamental (IFOAM). En el presente documento se discuten las características de los diferentes sellos de certificación y las legislaciones que los respaldan.

LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN BANANO

Jetse J. Stoorvogel¹ y Ronald Vargas²

¹ Laboratorio de Suelos y Geología
Universidad Agrícola de Wageningen
P.O. Box 37, Wageningen
Holanda

² Corporación Bananera Nacional (CORBANA)
Dirección de Investigaciones,
Apdo. Postal: 6504-1000
San José
Costa Rica.

El presente trabajo discute la situación actual del cultivo de banano, haciendo énfasis en su ubicación geográfica, uso intensivo de agroquímicos y, su relación con la política ambiental de Costa Rica. La ausencia tanto de alternativas agrícolas como científicas, para la transformación en el corto y mediano plazo del sistema productivo actual a uno donde se elimine el uso de agroquímicos (Banano Orgánico), además de las serias limitaciones productivas que implica este tipo de sistemas de cultivo; evidencia la necesidad de aplicar el concepto de Agricultura de Precisión en el cultivo de esta importante fruta. Mediante la comprensión de la variación espacial (tipo de suelo) y la variación temporal (productividad) de áreas de manejo (de aproximadamente 0,2 ha), y uso racional de los agroquímicos se pretende garantizar máximos rendimientos y mínimo impacto ambiental. Esta nueva modalidad de cultivo, con el apoyo de herramientas informáticas como el Banana Management (BanMan), permite el diagnóstico de los problemas que afectan la producción y su correcta solución agronómica; garantizando el normal crecimiento de las plantas. Resultados preliminares de la evaluación de este sistema de recolección y análisis de la información se presentan con miras a fomentar su uso en el cultivo de banano.

Precision Agriculture in Bananas. The present work discusses present banana cultivation status emphasizing on its geographical location, intensive agrochemical use, and their relation with Costa Rican environmental policies. Absence of both agronomic and scientific alternatives for Organic Cultivation of current banana cultivars with the absence of agrochemicals, besides the constraints inherent to its practice, focus on the necessity of implementing the concept of Precision Agriculture for banana production in the humid tropics. Understanding of the spatial (soil types) and temporal (productivity) variance within management areas (ca 0.2 ha) at banana plantation level opens the possibility of rational agrochemical use for obtaining maximum yields with minimum environmental impact. This novel approach for banana cultivation, with the aid of software specially designed for it (BanMan), permits rapid diagnosis of problem areas, causing factor identification and its correct agronomical solution, without banning agrochemicals. Preliminary results of this approach application in a commercial farm are presented in order to enhance its use in a way that protects the environment and natural resources while obtaining high yields of bananas.

BREEDING BANANAS AND PLANTAINS RESISTANT TO DISEASES AND PESTS

Phil Rowe

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA)

P.O. Box 2067

San Pedro Sula

HONDURAS

The approach to genetic improvement of the different types of bananas and plantains is to use seed-fertile triploids with the desired fruit qualities as the fixed female parental lines in cross-pollinations with improved bred diploids. The resultant tetraploid hybrids from these $3x \times 2x$ crosses are then evaluated for both their agronomic and disease resistance traits as compared to those of the traditional triploid varieties for which they are potential replacements. Since the sources of disease and pest resistance in these tetraploid hybrids are the diploid male parents, the major activity in the FHIA program has always been to develop agronomically-advanced diploid hybrids with the desired resistances. With progress in development of better diploid parental lines, the tetraploid hybrids have had correspondingly improved agronomic qualities in combinations with resistances to black Sigatoka and the burrowing nematode.

Persistence has been the key to this long-term effort, and now several disease-resistant tetraploids are being cultivated commercially. These tetraploids include the FHIA-23 Gros Michel-type dessert banana, the FHIA-18 sweet-acid dessert banana, and the FHIA-03 cooking banana, each of which is currently being successfully grown on 800 or more hectares without chemical control of black Sigatoka. In addition to having a high level of resistance to the black Sigatoka leaf spot pathogen, FHIA-18 is also resistant to the burrowing nematode. Smaller-scale plantings of the FHIA-20 and FHIA-21 black Sigatoka-resistant plantain-type hybrids are also being grown commercially, and it is anticipated that areas planted with these bred plantains will expand rapidly.

As further progress is made in breeding new hybrids of bananas and plantains which are resistant to diseases and pests, it is expected that replacement of the natural varieties with bred hybrids will soon become a common practice in most producing countries.

FERTILIZACION CONVENCIONAL DEL CULTIVO DE BANANO EN COSTA RICA Y SU RELACION CON LA PRODUCCION SOSTENIBLE

Antonio López Morales

Corporación Bananera Nacional (CORBANA)

Dirección de Investigaciones,

Apdo. Postal: 6504-1000

San José

Costa Rica.

La fertilización es una práctica necesaria para mantener en un nivel adecuado la productividad en el cultivo de banano altamente tecnificado debido a que las plantas consumen cantidades grandes de nutrimentos. Tradicionalmente, la fertilización del cultivo en Costa Rica se basó solo en la aplicación de altas dosis de nitrógeno y potasio. Sin embargo, además de estos elementos, el uso de azufre, fósforo, calcio, magnesio y algunos elementos menores, es también necesario. Tomando en cuenta la demanda alta de nutrimentos por el cultivo, una gran parte de la investigación en el campo nutricional se ha enfocado hacia mejorar el aprovechamiento de los fertilizantes; lo anterior ha llevado a manejar las plantaciones de una forma más sostenible. Dentro de las prácticas que han permitido esto se encuentran:

1. La aplicación de abono cada vez más fraccionada.
2. La utilización del balance nutricional como herramienta para tratar de reponer únicamente lo que la planta extrae.
3. El conocimiento de las necesidades nutricionales de la planta a través de su ciclo de vida, que ha hecho posible un uso más razonable de la fertilización.
4. Asegurar la presencia de raíces más sanas por medio de la utilización de plantas *in vitro*.
5. El uso de fertilizantes de liberación controlada como alternativa para evitar la pérdida de nutrimentos.
6. La aplicación de fertilizantes foliares
7. El uso de enmiendas como la cal en plantaciones con suelos ácidos bajos en calcio

FERTILIZANTES ORGANICOS Y SU APLICACION EN EL CULTIVO DE BANANO

José Orozco Romero

INIFAP

Campo Experimental Tecomán

Km. 34.5 Carretera

Colima-Manzanillo

Tecomán

Colima

México

En todos los cultivos, las prácticas culturales utilizadas han ocasionado un baja paulatina de la fertilidad de los suelos, a tal grado, que en la actualidad se requiere del 100% más de fertilizante para producir por hectárea, la misma cantidad de fruta que anteriormente se obtenía. El suelo ha perdido su dinámica biológica debido al uso de los agroquímicos, de las sales de fertilizantes, de las laminas pesadas del agua de riego que han provocado lixiviación o lavado de base acidificando el suelo y produciendo efectos tóxicos, además de lo anterior, la pérdida de materia orgánica por proceso de oxidación y de erosión, así como la tasa de extracción de nutrientes por los cultivos influyen a que la fertilidad del suelo vaya disminuyendo. Los abonos orgánicos o materia orgánica puede restituir la dinámica biológica y/o la fertilidad pérdida (Cepeda 1993, Ruiz 1996).

Fertilizantes orgánicos, son materiales orgánicos que aportan al suelo cantidad apreciable de materia orgánica y a los cultivos elementos nutritivos asimilables en forma orgánica. Estos materiales contienen numerosos elementos nutritivos pero sobre todo nitrógeno, fósforo, potasio y en menor proporción magnesio, sodio y azufre entre otros.

EMPLEO DE FUENTES ANTERNATIVAS DE FERTILIZANTES PARA LA PRODUCCION DE BANANO Y PLATANO EN CUBA

Raúl García Pérez¹, O Milián Morales¹ y R. Guijarro Pérez²

¹ Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT)

Apdo.6

Santo Domingo Villa Clara

Cuba

²Ministerio de Agricultura (MINAGRI)

Ave. Carlos M. de Céspedes y Santa Ana

La Habana

Cuba

Para la obtención de rendimientos elevados y estables el banano y plátano requieren de fuertes dosis de fertilizantes, sin embargo, las aplicaciones intensivas y unilaterales pueden contaminar las aguas y frutos con sustancias de reconocido efecto genotóxico y deteriorar el suelo. Por otra parte, Cuba no posee yacimientos importantes de fertilizantes y el precio de los mismos en el mercado se ha incrementado considerablemente, por ello la búsqueda de soluciones alternativas nacionales constituye una necesidad objetiva del momento y una de las premisas fundamentales para la implementación de tecnologías más respetuosas del ecosistema en aras de una producción sostenible y competitiva. Con esta finalidad durante el período 1988-98 se desarrolló un programa de investigaciones en una red geográfica con los principales clones comerciales y suelos que incluyeron: la verificación del impacto negativo del empleo unilateral de fertilizantes químicos, la caracterización química y potencial existente en las principales fuentes y su efecto sólo y combinado con fertilizantes sobre el crecimiento y rendimiento (58-238%) respecto al testigo, elevada rentabilidad y una mejor calidad. Con las dosis óptimas de alternativas fue posible reducir en un 75% las del fertilizante químico; a los efectos de un programa racional de fertilización basado en una política de iniciativas regionales las fuentes de más perspectivas resultaron la ceniza vegetal (caña de azúcar y tabaco), la vinaza, residuos de torula, cachaza, murcielaguina, gallinaza, estiércol ovino, polvillo residual de la fabricación de cemento y el jacinto de agua.

APLICACIONES DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES (MA) SOBRE PLATANERAS MICROPROPAGADAS

María del Carmen Jaizme-Vega

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)

Departamento de Protección Vegetal

Apdo. 60

38200 La Laguna

Tenerife

ESPAÑA

Las micorrizas arbusculares constituyen el tipo más común de asociación micorrícica y está presente en la mayoría de las especies con importancia agrícola.

El hongo coloniza las raíces modificando la morfología radical, y desarrollando un micelio extramatrical, que incrementa la capacidad de las plantas para adquirir nutrientes minerales del suelo. Estos simbioses son especialmente efectivos en la absorción de fósforo, que transfiere al hospedador, incrementando la capacidad de la planta para acceder al depósito de fosfato soluble del suelo.

En la naturaleza, los hongos micorrícicos son parte integral de las plantas, asegurando su crecimiento bajo distintas condiciones y ambientes. Los sistemas de producción vegetal en general, y la micropropagación en particular, eliminan los microorganismos de las plantas, entre los que se encuentran los hongos formadores de MA.

Un ancho rango de plantas con interés agronómico en nuestra región (platanera, papaya, tomate, vid, aguacate, piña tropical, etc.) depende de las micorrizas para su óptimo crecimiento en suelos a determinados niveles de fertilidad. Los efectos de estos microorganismos no solo tienen consecuencias sobre el desarrollo y la nutrición, sino que además pueden incrementar la resistencia natural de las plantas en situaciones de desequilibrios bióticos (patógenos) o abióticos (estrés hídrico o salino, etc.).

En los últimos años, los efectos de los hongos formadores de micorrizas sobre el desarrollo de las plantas con interés comercial, han sido estudiados y descritos por muchos autores. En general los cultivos frutales han recibido más atención que los hortícolas o los ornamentales.

En los sistemas de propagación basados en el empleo de patrones, esquejes, etc., se utilizan sustratos esterilizados con el fin de bajar las poblaciones de microorganismos patógenos. Las microplántulas de los sistemas *in vitro*, son producidas en condiciones axénicas. Estas prácticas agrícolas favorecen la aplicación de micorrizas, permitiendo la inoculación de hongos MA previamente seleccionados para las condiciones particulares de cada hospedador.

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS BANANEROS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE Y LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

Bruno DELVAUX¹ and Stéphane DECLERCK²

¹ Unité Sciences du Sol,

² Unité de Microbiologie,

Université catholique de Louvain

Place Croix du Sud, 2/10

1348 Louvain-la-Neuve

Belgium.

Bananas are very high water and nutrient demanding crops. They are cultivated in various cropping systems as well as climate and soils conditions. High-input cropping systems likely involve rapid environmental degradation while traditional cropping systems might be no longer sustainable because of increased population density. Increasing synchrony between supply and demand of water and plant nutrients is likely a key objective to improve sustainable banana production and preserve the environment. Supply is related to average nutrient concentration in the soil solution, water availability and the extension of soil volume explored by roots. Water holding and cation exchange capacity are key soil properties in that respect. Experimental data strongly support the need to frequently apply small quantities of water and nutrients, the range of doses/frequencies depending on the soil type. Organic matter and soil biocenosis play also a key role in the synchronisation of nutrient supply and plant demand. Soil organic matter is not only a reservoir of plant nutrients but also the energetic substrate for soil micro-organisms: competition for C may decrease the activity of root pathogens requiring a saprophytic phase. Arbuscular Mycorrhizal (A.M.) fungi increase the functional root length of bananas and thereby may alleviate soil constraints such as nutrient depletion and infection by soil borne pathogens.

Further research is, however, required to respond to the demand for banana sustainable production: cycling of nutrients through the management of organic residues, improving root growth and development in situ, understanding and utilizing the banana rhizosphere biocenosis.

CULTURAL PRACTICES AS A WAY OF NEMATODE CONTROL IN BANANA

Jean Louis Sarah
CIRAD-AMIS
Laboratoire Phytrop
BP 5035
34032 Montpellier
France.

Nematode communities are one of the most important limiting factors of banana production, either in intensive or extensive agrosystems. The use of chemicals is still one of the main way of control. However its impact on the environment and on the human health implies the search for alternative control methods. Well managed cultural practices allows to suppress nematode pressure. Soil sanitation through the use of natural fallows or cover crops and the planting of nematode-free plants produced in-vitro, are currently done in many producing regions. In addition, a good management of soil fertility during the crop cycle, especially water monitoring and organic matter amendments, is essential. In a more or less near future, promising control techniques are expected from biological antagonists, use of root symbionts, and plant breeding for resistance. The latter is currently the most active and supported topic and some resistant cultivars have been already implemented. Furthermore, perspectives for beneficial transgeny approaches are highly interesting. In parallel, some programs have been initialized on the potentiality of mycorrhizae for nematode control from which interesting solutions are expected within the next few years. Biological control is quite complex a problem, as far as soil-borne pathogens are concerned, however, some specialities has been yet proposed to banana producers. The integrated approach of nematode control already allows organic bananas to be produced, and researches on non-chemical control methods must be strongly encouraged so as to develop this kind of production.

CULTURAL CONTROL OF BANANA WEEVIL WITH EMPHASIS ON EAST AFRICA

Clifford S. Gold

International Institute of Tropical Agriculture (IITA)

P.O. Box 7878

Kampala, Uganda

The banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, is an important pest on highland cooking banana and plantain in Africa and Latin America. In Uganda, surveys show high variability in weevil severity both between and within sites. Highest damage was found in central Uganda where the weevil is believed a major factor in the decline and disappearance of cooking banana. In addition, nearly 100-fold differences in weevil numbers have been found among farms in a single watershed, suggesting that pest status is influenced by crop management.

Salient features of the weevil's biology include long life span, limited mobility, low fecundity, density dependent oviposition, and slow population buildup. Observations suggest high mortality in the egg and early larval instars. Weevil attack causes greatest losses to newly planted suckers and to ratoon crops. In an on-station trial, yield loss increased from 4% in the plant crop to 48% in the third ratoon. Greater yield loss in ratoon crops reflected increases in damage levels over time and the influence of damage on the vigor of subsequent followers.

At present, habitat management (cultural control) is the only option available for most banana producers in Uganda. Methods include the use of clean planting material, selection of cropping systems which may discourage banana weevils, improved agronomic practices to promote plant vigor, management of crop residues and trapping. Research trials on clean planting material and trapping have provided positive results. Work on crop sanitation and improved agronomic practices is in progress, while preliminary efforts in biological control have been initiated. Studies are also underway on farmer adoption of cultural control methods.

CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA EN LA PRODUCCION ORGANICA DEL BANANO

Ronald A. Romero

Biotech and Planta Disease Dept.

Chiquita Brands

Box 217-1150

San José

Costa Rica

Con el desarrollo de la agricultura, el hombre seleccionó y domesticó una estrecha variedad de genotipos, los cuales cada vez fueron siendo seleccionados aún más, para satisfacer necesidades agronómicas y de mercado. Esta selección provocó un cambio en el equilibrio natural en que se encuentran las especies de plantas y los patógenos que conviven con ellas. La selección de genotipos de plantas a su vez favoreció, y favorece aún en nuestros días, la selección de organismos patógenos, a nivel de especies y a niveles más específicos. Así, las relaciones hospedante patógeno en los agroecosistemas se ven favorecidas por la disminución de la variabilidad dentro del sistema. La selección de los cultivares de bananos plátanos que gozan de mayor aceptación en los mercados, presentan una alta susceptibilidad a las enfermedades foliares conocidas como Sigatoka, especialmente la Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*. El control de esta enfermedad se realiza integrando prácticas agrícolas con la aplicación de fungicidas aprobados por los organismos regulatorios de Europa, USA y de los países productores. Como en la producción orgánica de banano la utilización de muchos de los fungicidas comúnmente usados no es factible, es entonces necesario considerar varios aspectos de manejo del cultivo que pueden tener impacto en el control de la enfermedad. Dentro de las posibilidades existentes, se examinan en esta presentación las siguientes: la escogencia del sitio de siembra, la época de siembra, las siembras anuales o bianuales, manejo del inóculo mediante prácticas de sanidad, la escogencia del sistema de irrigación, el drenaje, la densidad y distribución de las plantas, deshojes periódicos, desmane y control de grado de cosecha, incremento de la biodiversidad, manejo óptimo de la fertilización, empleo de productos de origen biológico con efecto sobre la Sigatoka negra, inductores de resistencia adquirida, y el uso de híbridos sintéticos.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS HÍBRIDOS FHIA-01® (AAAB) Y FHIA-02 (AAA?) BAJO FERTILIZACIÓN INORGÁNICA Y ORGÁNICA.

Sergio Laprade Coto y Roberto Ruiz Barrantes

Corporación Bananera Nacional (CORBANA)

Dirección de Investigaciones,

Apdo. Postal: 6504-1000

San José

Costa Rica.

The hybrids FHIA-01 and FHIA-02 were evaluated under inorganic and organic fertilization regimes during two crop cycles. Under the inorganic fertilization condition, the hybrid plants were fertilized every two months using the fertilizer 17,3-3,6-28,9, at a rate of 27 g per mat. For the organic condition, chicken manure, at 3,3 kg per mat, was applied every 2,5 months. Compost made of banana fruit and stalks was also incorporated in the organic fertilization plot, using 20 “mini-composting sites” per ha per month.

The number of leaves ($P=0,016$) and the bunch weight ($P=0,0014$) were better under inorganic fertilization than the organic condition for FHIA-01 during the first crop cycle. The length ($P=0,0001$) and caliper (“grade”, $P=0,0001$) of the central finger of the second hand of the bunch were greater for FHIA-01 in the organic condition for the second crop cycle.

The number of leaves at harvest ($P=0,0161$) was also greater on FHIA-02 under inorganic fertilization than the organic treatment. Calibration of the central finger of the second hand ($P=0,0545$) was greater for FHIA-02 grown under organic conditions in the second crop cycle.

The results obtained with this study indicate that both hybrids, FHIA-01 and 02, can be grown under an organic production system.

Se evaluó la fertilización inorgánica y orgánica con los híbridos FHIA-01® y FHIA-02. Dicho trabajo se realizó durante dos ciclos de cosecha. Como fuente de fertilización inorgánica se utilizó la fórmula 17.3-3.6-28.9, aplicado cada dos meses, a razón de 27 g por unidad de producción. En el caso de la fertilización orgánica se aplicó 3,3 kg de gallinaza por planta, cada 2,5 meses. Además, se aportó compost de banano y pinzote. Para esto se realizó 20 minicomposteras mensuales.

En la primera cosecha, el número de hojas ($P=0,0016$), peso de racimo ($P=0,0014$), fue superior en el FHIA-01® fertilizado en forma inorgánica. Para la segunda cosecha, el largo ($P=0,0001$) y la calibración ($0,0001$) del dedo fueron mayores en el FHIA-01® con fertilización orgánica.

El FHIA-02 con fertilización inorgánica mostró una mayor cantidad de hojas a cosecha ($P=0,0161$). En la segunda cosecha la calibración en el dedo central de la segunda mano ($P=0,0545$) fue mayor en el FHIA-02 con fertilización orgánica.

El comportamiento observado en ambos híbridos indican que es posible manejarlos bajo un sistema orgánico en forma sostenida.

**MANEJO SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE BANANO. RESULTADOS
PRELIMINARES DEL EFECTO
DE MINICOMPOSTERAS FORMADAS DE RESIDUOS
ORGÁNICOS DE LA COSECHA SOBRE LA PRODUCCIÓN.**

Pablo Acuña y Roberto Ruiz.

Corporación Bananera Nacional (CORBANA)

Dirección de Investigaciones,

Apdo. Postal: 6504-1000

San José

Costa Rica.

Con el fin de investigar diferentes aspectos relacionados con el manejo sostenible de una finca bananera, se estableció un área piloto en la Finca San Pablo, ubicada en el cantón de Siquirres, provincia de Limón, Costa Rica. El área tiene una extensión de 5,6 ha y se encuentra cultivada con el cv. 'Valery'. Desde el mes de agosto de 1996 se incorporó materia orgánica en forma de minicomposteras utilizando los residuos orgánicos (banano de rechazo y raquis) de la planta empacadora. Además, se dejaron de aplicar herbicidas y nematicidas. Durante el primer año del experimento no se encontró diferencia en el peso de los racimos con respecto al área testigo. La dinámica de población del nematodo *Radopholus similis* fue similar en el área piloto y en el área testigo; en ambos casos se observaron fluctuaciones de acuerdo a la cantidad de raíces.

LA AGRICULTURA BIODINAMICA Y SU APLICACION EN EL CULTIVO DE BANANO.

Christoph F. Meier

Horizontes Orgánicos C. por A.

Apdo. 15

Azua

República Dominicana

La crisis de la Agro-Industria demanda la reintroducción de la cultura, necesitamos una nueva “Agri-Cultura”.

La agricultura Biodinámica como fruta de la Antroposophia, un método de investigación científica que pretende trascender y complementar la ciencia natural.

El ideal Biodinámica: El Organismo Granja / la granja autosuficiente en materias fertilizantes.

Harmonía entre producción cuantitativa y cualitativa.

Ideal versus la realidad socioeconómica.

El Banano Biodinámica / Orgánico, ejemplo de la Finca Girasol.

Un cambio en agricultura no es posible en aislamiento, nuestro tiempo es apocalíptico y necesita una renovación cultural / espiritual fundamental de nuestra sociedad.

FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE BANANO GROS MICHEL BAJO SISTEMAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

Zapata, P., G. Rodriguez, T. Cuesta, C. Armijos, D. Abuchar y P. Tabora¹

¹ Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH)

Apdo. 4442

1000 San José

COSTA RICA

En 1996 se estableció en EARTH bajo sistema agroforestal un proyecto empresarial de banano orgánico con la variedad Gros Michel, simulando un sistema de pequeños agricultores de la zona tropical húmeda de Costa Rica del litoral Atlántico. El sistema consistió en establecer claros dentro de un bosque secundario, aplicación de bokashi de boñiga para abono orgánico y control de patógenos de suelo, y la aplicación de EM microorganismos eficaces) para el manejo de sigatoka negra. Se indica la factibilidad de la producción dentro de algunos parámetros financieros y técnicos.

DISPONIBILIDAD DE INSUMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BANANO ORGÁNICO

Gabriela Soto¹ y Sébastien Tripon²

¹ Universidad de Costa Rica

Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA)

Apdo. 2060 – 1000

San José

Costa Rica

²INIBAP-LACNET

CATIE

Apdo. 60

7170 Turrialba

Costa Rica

Este trabajo fue iniciado con el objetivo de sintetizar las diferentes listas de productos permitidos en agricultura orgánica con las normas y leyes de las instituciones internacionales como IFOAM y las entidades económicas como la Unión Europea al fin que los productores, investigadores y actores de la producción orgánica tienen una base de trabajo común y resumida. Además, algunos productos que podrían tener un interés para la producción de banano orgánico fueron indicados.

FOODLINKS EXPERIENCE IN OPENING NEW MARKETS

Eric Sauve

IDRC

Box 8500

250 Albert Street

Ottawa

Ontario

Canada

Over the last two years FoodLinks, an initiative of the International Development Research has moved to introduce FHIA-2 organic bananas into the Canadian market. Through two successive trials, favourable advances were made in postharvest treatment and interesting results found on its consumer acceptance in the marketplace.

WORLD MARKET FOR ORGANIC BANANAS

Eric Sauve

The world market for organic bananas is difficult to determine yet patterns have begun to emerge. Here information is presented on organic bananas and their penetration into North American and European markets. This brief presentation aims to provide a stepping stone for future research into this market.

EL MERCADO EN DESAROLLO DEL BANANO “ORGANICO”.

Christoph F. Meier

Horizontes Orgánicos C. por A.

Apdo. 15

Azua

República Dominicana

Origen histórico de la agricultura Biodinámica / Orgánico.

La certificación orgánica.

El mercado orgánico en desarrollo.

El mercado orgánico.

Estimación de volúmenes en el mercado.

TALLER INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCION DE BANANO ORGANICO Y/O AMBIENTALMENTE AMIGABLE

27- 29 DE JULIO, 1998

PROGRAMA

26 DE JULIO

LLEGADA DE LOS PARTICIPANTES

27 DE JULIO

Sesión 1

Moderador: R. Madrigal

Relator: S. Tripon

08:00-08:20 Inauguración

Bienvenida por el **Dr. J. Zaglul** Director General de la EARTH

Bienvenida por el **Dr. F. E. Rosales** Coordinador Regional INIBAP

08:20-09:00 Marco conceptual de la producción orgánica o amigable al ambiente

Ing. L. Brenes, ANAO, Costa Rica

09:00-09:40 Normativa nacional e internacional para la producción
orgánica/ambientalmente amigable de banano

Ing. G. Soto, ANAO, Costa Rica

09:40-10:00 **Café**

Moderador: P. Tabora

Relator: G. Soto

10:00-10:45 Agricultura de precisión

Dr. J. J. Stoorvogel, Universidad de Wageningen, Holanda y **Dr. R.**

Vargas, CORBANA, Costa Rica

10:45-11:30 Híbridos de banano y plátano resistentes/tolerantes a plagas y/o enfermedades

Dr. P. Rowe, FHIA, Honduras

11:30-12:15 Prácticas de manejo de fertilización convencional de banano y su relación con la producción sustentable

Ing. A. López, CORBANA, Costa Rica

12:15-14:00 *Almuerzo de Bienvenida*

Sesión 2

Moderador: A. López

Relator: R. Ruiz

14:00-14:45 Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo de banano

Ing. J. Orozco, INIFAP, México

14:45-15:30 Empleo de fuentes alternativas de fertilizantes para la producción de banano y plátano en Cuba

Dr. R. García, INIVIT, Cuba

15:30-16:00 **Café**

16:00-16:45 Aplicaciones de las micorrizas arbusculares (MA) sobre plataneras micropropagadas

Dra. M. C. Jaizme, ICIA, España

16:45-17:30 Manejo y conservación de suelos bananeros y su relación con la producción sostenible y la protección ambiental

Dr. B. Delvaux, Universidad de Lovaina, Bélgica

28 DE JULIO

Sesión 3

Moderador: M.C. Jaizme

Relator: J. Orozco

08:00-08:45 Prácticas culturales para el control de nemátodos
Dr. J-L. Sarah, CIRAD-AMIS, Francia

08:45-09:30 Prácticas culturales para el control de picudo
Dr. C. Gold, IITA, Uganda

09:30-10:00 **Café**

10:00-10:45 Prácticas culturales para el manejo de las enfermedades de Sigatoka
Dr. R. Romero, Chiquita Brands, Costa Rica

10:45-11:30 Manejo sostenible de un área modelo de banano comercial y producción de banano orgánico FHIA-01 y FHIA-02
Ing. R. Ruiz B, CORBANA, Costa Rica

11:30-12:15 Producción de banano en cultivo biodinámico/orgánico
Ing. C. F. Meier, Horizontes Orgánicos, República Dominicana

12:30-14:00 *Almuerzo*

Sesión 4

Moderador: R. Vargas

Relator: L. Brenes

- 14:00-14:40 Factibilidad en la producción orgánica de banano Gros Michel bajo sistemas de pequeños agricultores
Dr. P. Tabora, EARTH, Costa Rica
- 14:40-15:00 Disponibilidad de insumos para la producción de banano orgánico
Ing. S. Tripon, INIBAP-LACNET, Costa Rica
- 15:00-15:30 **Café**
- 15:30-16:15 El mercado en desarrollo del banano orgánico en Europa y Estados Unidos
Ing. C. F. Meier, Horizontes Orgánicos, República Dominicana
- 16:15-17:00 Experiencia en apertura de nuevos mercados
Ing. E. Sauvé, Foodlinks, IDRC, Canadá
- 17:00-17:45 Mercado mundial del banano orgánico: tamaño, demanda-oferta, precios, requisitos mínimos para exportación
Ing. E. Sauvé, Foodlinks, IDRC, Canadá
- 18:30 *Cena de despedida ofrecida por INIBAP/EARTH*

29 DE JULIO

Sesión 5

08:00-08:20 Formación y orientación de los Grupos de Trabajo
Dr. F. E. Rosales

08:20-11:00 Trabajo de Grupos y redacción inicial de recomendaciones

11:00-12:30 Discusión Plenaria

- Conclusiones y Recomendaciones
- Ceremonia de Clausura

12:30-14:00 Almuerzo de despedida

14:00 Salida de los participantes y/o visita a la EARTH

30 DE JULIO

SALIDA DE LOS PARTICIPANTES

NOMBRE	INSTITUCION	DIRECCION	Telefono	Fax	E-mail
James B. French	EARTH	Apdo 4442 1000 San Jose COSTA RICA	506 255 2000	506 255 2726	jfrench@ns.earth.ac.cr
Luis Brenes	ANAO	Apdo 132-2020 Centro Postal San Jose COSTA RICA	506 224 0911	506 224 0911	lbrenes@cariari.ucr.ac.cr
Gabriela Soto	ANAO CIA - Universidad de C.R.	Apdo 132-2020 Centro Postal San Jose COSTA RICA	506 224 0911 506 207 5490 506 207 5263	506 224 0911 506 234 1627	gsoto@cariari.ucr.ac.cr
Ronald Vargas	CORBANA	390-7210 Guápiles COSTA RICA	506 763 3533 506 763 3257	506 763 3055	rvargas@corbana.com
Jetse J. Stoorvogel (Ausente)	Universidad de Wageningen	P.O. Box 37 Wageningen HOLANDA			Jetse.Stoorvogel@bodlan.beng.wau.nl
Phil Rowe	FHIA	P.O. Box 2067 San Pedro Sula HONDURAS	504 6682078	504 6682313	dinvest@simon.intertel.hn
Antonio López	CORBANA	390-7210 Guápiles COSTA RICA	506 763 3176 506 763 3257	506 763 3055	investigaciones@corbana.com
José Orozco	INIFAP	Campo Exp. Tecomán Apartado 88 C.P. 28100 Km. 34.5 Carret. Colima-Manz. Tecomán, Colima MEXICO	52 332 40133	52 332 43082	tecoman@cirpac.inifap.conacyt.mx
Raúl García	INIVIT	Apdo.6 Santo Domingo Villa Clara CUBA	53 42 42 103	53 42 42 201	inivit@quantum.inf.cu
María del Carmen Jaizme	ICIA	Apdo 60 38200 La Laguna, Tenerife Canarias ESPAÑA	34 22 47 63 56	34 22 47 63 03	mcjaizme@icia.rcanaria.es
Bruno Delvaux	Univ. Catholique de Louvain	Unite Sciences du Sol Place Croix du Sud, 2/10 1348 Louvain-la-Neuve BELGIQUE	32 10 47 36 86	32 10 47 45 25	delvaux@pedo.ucl.ac.be
Jean-Louis Sarah	CIRAD-AMIS	Avenue Agropolis BP 5035 34032 Montpellier Cedex 1	33 4 67 61 58 70	33 4 67 61 55 81	sarah@cirad.fr

Clifford S. Gold	IITA-ESARC	P.O. Box 7878 Kampala UGANDA	256 41 341241 256 41 567356	256 41 341242	c.gold@imul.com
Ronald Romero	Chiquita Brands	Box 217 - 1150 La Uruca San José COSTA RICA	506 255 34 24 ext.:281	506 223 05 11	rromero@chiquita.com
Sergio Laprade Pablo Acuña	CORBANA	390-7210 Guápiles COSTA RICA	506 763 31176 506 763 3257	506 763 3055	investigaciones@corbana.icr.co.cr
Christoph F. Meier	Horizontes Organicos C. por A.	Apdo 15 AZUA REP. DOMINICANA	1 809 521 3571	1 809 521 3925	c.meier@codetel.net.do
Panfilo Tabora	EARTH	Apdo 4442 1000 San Jose COSTA RICA	506 255 2000	506 255 2726	ptabora@ns.earth.ac.cr
Eric Sauvé	IDRC	250 Albert Street PO Box 8500 Ottawa CANADA	1 613 236 6163 Ext.: 2490	1 613 567 7749	ESauve@idrc.ca
Ramiro Jaramillo	Asesor Regional INIBAP-LACNET	Apartado 4824 1000 San José COSTA RICA	506 240 7098	506 240 7098	
Masaki Shintani	EARTH	Apdo 4442 1000 San Jose COSTA RICA	506 255 2000	506 255 2726	mshintan@ns.earth.ac.cr
Fritz Elango	EARTH	Apdo 4442 1000 San Jose COSTA RICA	506 255 2000	506 255 2726	felango@ns.earth.ac.cr
Thomas Moens	INIBAP/CORBANA	390-7210 Guápiles COSTA RICA	506 763 3176 506 763 3257	506 763 3055	investigaciones@corbana.com
Juan Cabrera	ICIA	Apdo 60 38200 La Laguna, Tenerife Canarias ESPAÑA	34 22 47 63 21 34 22 47 63 00	34 22 47 63 03	jcabrera@icia.rcanaria.es
Antonio Marrero	ICIA	Apdo 60 38200 La Laguna, Tenerife Canarias ESPAÑA	34 22 47 63 00	34 22 47 63 03	amarrero@icia.rcanaria.es
Franklin E. Rosales	INIBAP LACNET	CATIE Apdo 60 7170 Turrialba Costa Rica	506 556 24 31 506 556 64 31 Ext.:370	506 556 24 31	frankros@catie.ac.cr
Sébastien Tripon	INIBAP LACNET	CATIE Apdo 60 7170 Turrialba Costa Rica	506 556 24 31 506 556 64 31 Ext.:370	506 556 24 31	stripon@catie.ac.cr

Cultural practices as a way of nematode control in banana

Jean Louis Sarah

CIRAD-AMIS, Laboratoire Phytrop,
BP 5035, 34032 Montpellier, France

Abstract : *Nematode communities are one of the most important limiting factors of banana production, either in intensive or extensive agrosystems. The use of chemicals is still one of the main way of control. However its impact on the environment and on human health implies the search for alternative control methods. Well managed cultural practices allow to suppress nematode pressure. Soil sanitation through the use of natural fallows or cover crops and the planting of nematode-free plants produced in-vitro, are currently done in many producing regions. In addition, a good management of soil fertility during the crop cycle, especially water monitoring and organic matter amendments, is essential. In a more or less near future, promising control techniques are expected from biological antagonists, use of root symbionts, and plant breeding for resistance. The latter is currently the most active and supported topic, and some resistant cultivars have been already implemented. Furthermore, perspectives for beneficial transgeny approaches are highly interesting. In parallel, some programs have been initialized on the potentiality of mycorrhizae for nematode control from which interesting solutions are expected within the next few years. Biological control is quite complex a problem, as far as soil-borne pathogens are concerned, however, some specialities has been yet proposed to banana producers. The integrated approach of nematode control already allows organic bananas to be produced, and researches on non-chemical control methods must be strongly encouraged so as to develop this kind of production.*

Introduction

Nematodes are one of the main constraints for banana crop either in intensive production (dessert bananas) or in smallholding-extensive systems (cooking bananas and plantains). In intensive cropping systems, nematodes problems are generally important since the agro-ecosystem is highly simplified (only one variety/clone) on large hectareages and at high planting densities, allowing pests to multiply intensively. On the other hand, nematodes are well studied and known in this context, and efficient control methods can be implemented, although generally at high cost and mainly by applying high rates of chemical compounds which are detrimental to the environment and harmful for human health. In extensive cropping systems, the ecological diversity is much more conserved and pest problems may be self-controlled by natural antagonists. However the introduction of alienous pests and/or any change in cultural practices may lead to important

damage with an impact which may be dramatic for peoples who are living on their own productions. In this smallholding economy, chemical control is simply not applicable, being too expensive and too harmful to manage (insufficient expertise/training, mixed cropping systems...).

As an alternative to chemical control, many cultural practices may suppress nematode pressure significantly, and allow to maintain, or even increase, banana production. Some of these practices (fallow, in-vitro propagation of nematode-free plantlets) are currently applied in intensive production, allowing the chemical tribute to be reduced significantly. This paper will present different aspects of cultural practices which may be integrated so as to develop a production far less dependent from chemicals.

Nematodes species attacking bananas

Almost 150 nematode species have been reported in association with *Musa* spp. roots (Sarah, 1989 ; Gowen and Quénehervé, 1990). However, most are of limited or unknown pathogenicity. The most important and widespread pathogenic nematodes on bananas are *Radopholus similis*, and species belonging to the genera *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and *Meloidogyne*.

The burrowing nematode, *R. similis* is strictly limited to the tropical areas. It is considered to be the main nematode problem where bananas, especially cultivars in the Cavendish subgroup, are grown in commercial plantations (Sarah, 1989; Gowen and Quénehervé, 1990; Stanton, 1994). The burrowing nematode is also common on plantain and cooking banana types cultivated in the lowlands of central and east Africa, and in Puerto Rico in the Caribbean. However, it is generally absent in plantain and cooking banana roots in west Africa, latin America and the Caribbean. (Pinochet, 1977, 1988a; Sarah, 1985, 1989; Adiko, 1988; Bridge 1988, 1993).

Radopholus similis is a migratory endoparasitic nematode which completes its life-cycle in 20-25 days in the root and corm tissues under optimal conditions. Juveniles and adult females are active mobile forms which may leave the roots in case of adverse conditions and migrate into the soil towards new roots. The nematode migrates inter- and intra-cellularly in the root cortex where it feeds on the cell cytoplasm. This results in collapsed cell walls, cavities and tunnels (Blake, 1961; 1966; Valette *et al.*, 1997). On corms, lesions begin to develop where infested roots are attached. Necroses can extend to the whole cortex of corms (black head disease) and roots, but the root stele is usually not damaged except occasionally when very young (Mateille, 1994; Valette *et al.*, 1997). Necroses appear as reddish brown discolouration of corm tissues and can be easily seen after the roots have been washed free of soil.

Lesion nematodes, *Pratylenchus* spp. are endoparasitic migratory nematode whose biology, symptoms and damage are quite similar to those of the burrowing nematode. *Pratylenchus coffeae* is the most widespread in the tropical area. It is not as frequent as *R. similis* in the intensive production farms, but it may be occasionally the dominant species, such as in Honduras or in South Africa (Pinochet and Rowe, 1978 ; Jones and Milne, 1982). It is widespread on plantain or cooking bananas, in Asia, Africa and in Latin America (Sarah, 1985 ; 1989 ; Adiko, 1988 ; Pinochet, 1988a ; Gowen and Quénehervé, 1990 ; Bridge, 1993). *Pratylenchus goodeyi* is typically

a species from the highlands of Africa (Price and Bridge, 1995). It is also present in the Canary Island, in Crete and in the Nile Delta, where it had been likely introduced accidentally and where it may be maintained due to its lower temperature preference as compared to *P. coffeae* or *R. similis* (De Guiran and Vilardebo, 1961 ; Bridge, 1988 ; 1993 ; Sarah, 1989 ; Gowen and Quénehervé, 1990 ; Price and Bridge ; 1995).

Spiral nematodes, *Helicotylenchus* spp., especially *H. multicinctus*, are likely the most widespread nematodes on banana production (Mc Sorley and Parrado, 1986 ; Gowen and Quénehervé, 1990). They are often mixed with other dominant species such as *R. similis* but they may be the main soil-borne parasitic problem in location where *R. similis* cannot survive, e.g. high latitude like in Israel (Minz *et al.* 1960), or where the burrowing nematode has not been yet introduced, e.g. smallholding production (Sarah, 1985 ; Adiko, 1988). In that case, although they cause mainly superficial necroses they may lead to significant crop losses (Mc Sorley and Parrado, 1986).

Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are the most widespread plant parasitic nematodes worldwide. Since they are highly polyphagous they are present in banana roots, but they are not considered as major pests for bananas in general. However they are dominant in situation where the migratory nematodes are not present e.g. in high latitudes such as mediterranean area, Yemen, Taiwan or Cape Province (Jones and Milne, 1982 ; Sarah, 1989 ; Gowen and Quénehervé, 1990) or in smallholding (Sarah, 1985 ; Adiko, 1988). In those situations, they may be responsible for significant damage. Furthermore, they have been pointed out as one of the main threat for young plantlets produced through in-vitro techniques (Sarah, pers. obs.).

Consequences of nematodes infestations

The destruction of root and corm tissues, reduces water and mineral uptake. This results in a reduction of plant growth and development and may lead to severe reduction of bunch weight and increase significantly the time period between two successive harvests (Gowen, 1975 ; Stanton 1994). Furthermore, this destruction also results in a tendency for plants to uproot (toppling disease) particularly during windstorms and heavy rain periods.

Crop losses depend on several factors including pathogenicity of local populations, associated pathogens (including other nematode species), banana cultivar, climatic and soil factors, especially fertility. In commercial plantations of Cavendish cultivars in areas of the Côte d'Ivoire where soils are poor and eroded, losses of over 75% have been reported due to bunch weight reduction and uprooting (Sarah, 1989). In such instances, if there is no nematode control, banana plants become nearly unproductive after the first harvest. In the more fertile peat soils of the Côte d'Ivoire and in the volcanic soils of Cameroon, cumulative crop losses are generally below 30% (Sarah, 1989). In South Africa losses may reach 75% (Jones and Milne, 1982). In Panama, crop losses may be superior to 45% (Wehnt and Edwards, 1968). In Colombia, Costa Rica and Panama, crop losses estimated only by counting of uprooted plants fluctuate between 12 and 18%, and tend to be around 5% in the Sula Valley in Honduras (Pinochet, 1986).

The actual economic impact of nematodes in smallholding systems is difficult to estimate. In Cameroon, losses appear to be below 20% (Melin *et al.*, 1976). However, severe symptoms due to *R. similis* have been observed in plantains in the Côte d'Ivoire growing near Cavendish plantations (Sarah, 1985) and damage has reached 50% in experimental plots (Sarah, 1989). In Nigeria losses up to 50% have been also noted in field infested with mixed populations of spiral and root-knot nematodes (Caveness and Badra, 1980). In the Caribbean losses have been reported to reach 75% in Puerto Rico, and 60% in Jamaica (Gowen and Quénehervé, 1990).

Cultural practices as control methods

Soil sanitation before planting

Reducing nematode populations in the soil before planting and the use of cleansed or nematode-free plant material are of primary importance. Eradication is nearly impossible since most of the species are highly polyphagous and can survive for long period in the soil. After the first detection of *R. similis* in the Northern Transvaal in South Africa, regulatory measures were introduced in an attempt to eradicate the nematode and prevent dissemination. All plants at infested sites were rogued and burned, the land fumigated with methyl bromide and left as fallow for 9 months. Following these drastic measures, populations were reduced almost to extinction at five out of the eight sites, but not eradicated (Jones and Milne, 1982).

Populations of *R. similis* may be reduced to an undetectable level by allowing non-host plants to grow on infested land for one year or more (Sarah *et al.*, 1983 ; Mateille *et al.*, 1992 ; 1994 ; Price, 1994). Natural fallow, where weed growth is not controlled, is the simplest way to manage the intercrop period. In spite of the polyphagism of most of the nematode species, this method is currently applied with success in many regions where *R. similis* is dominant (Cameroon, Ivory Coast, West Indies). However it would be better to cultivate a non-host cover crop so as to avoid any persistence of nematodes. *Panicum maximum* (Poacea) has been used successfully against *R. similis* in Queensland (Colbran, 1964) and *Chromolaena odorata* (Asteracea) in West Africa (Sarah, 1989). *Asystasia gangetica* (Acanthacea), which is a common weed in West Africa, allows a significant decreasing of *R. similis* populations (Mateille *et al.* 1992 ; 1994). Milne and Keetch (1976) have published a list of 44 plants non-host of *R. similis* in South Africa among which are some cash crops, such as passion fruit (*Passiflora edulis*) and pineapple (*Ananas comosus*). This latter crop is currently used in rotation by some banana farmers in the Côte d'Ivoire (Sarah, 1989). Sugar cane (*Saccharum officinarum*) is mentioned as a poor host by Milne and Keetch (1976) and has met with some success as a rotation crop in Central America (Loos, 1961). *Helicotylenchus* and *Meloidogyne* species are much more difficult to reduce (Gowen and Quénehervé, 1990 ; Mateille *et al.* 1992). In Israel where the two latter species are dominant, wheat is grown 2-3 years between banana cycles (Gowen and Quénehervé, 1990). Ternisien and Melin (1989) checked seven cover-crops of which none was able to suppress all nematodes species. *Crotalaria juncea* and *Bracharia decumbens* were the most interesting, but the *C. juncea* was host of *H. multicinctus*, while *B. decumbens* maintained *Meloidogyne* spp. The use of antagonist plants such as *Sesamum indicum*, *Ricinus communis*, *Tagetes* spp. or *Crotalaria* spp., which have a direct

toxic action against nematodes, might increase fallow efficiency (Rodriguez-Kabana, 1992).

Fallow and crop rotation are quite simply to use, however they might be ineffective in some occasions (persistence of some host plants in natural fallow) or lead to a shift of problems when marginal species become dominant by multiplying in the elected cover crop. Furthermore they need a long time period to be efficient. Some other methods allow to shorten the time required for soil sanitation. Loos (1961) reported that 5-6 months of flooding was able to eliminate *R. similis* in Honduras and Panama. Flooding has also been used in Surinam (Maas, 1969). In the Ivory Coast, six-seven weeks of complete flooding was as effective as 10-12 months of fallow in reducing nematode populations (Sarah *et al.* 1983; Mateille *et al.* 1988). However, this method is often not practicable as land has to be level and have a permanent water supply. Solarization use the sun energy to heat the soil through a plastic film (Katan, 1981, Giblin-Davis, 1988). When the soil temperature reaches 47°C two hours a day for 6 days, no nematode can survive. However this technique allows only few centimetres deep to be treated and can be used in regions where, and/or during seasons when, overcast conditions do not prevails. Therefore this technique is most likely of limited interest in the humid tropical area. In the other hand it could be a very useful technique in the nurseries for the sanitation of the soil into polyethylene bags.

Plant sanitation

Nematodes may be introduced into clean soil through infested corms and suckers. Therefore, all planting material should be produced in nematode-free soils. Since this is not often the case, infested corms or suckers must be treated to remove nematodes. The simplest method consists of paring the corms superficially to remove lesioned tissue. However, nematodes located deep within the cortex in non-necrosed tissues may escape removal. Furthermore if the paring is too intensive, suckers, especially small ones, may be damaged. Storage of pared material for 2 weeks may further reduce the nematode population (Quénchervé and Cadet, 1985), but such techniques cannot be applied to small suckers which are quite fragile and need to be replanted rapidly.

Paring followed by hot water treatments (52°-55°C for 15-20 minutes) has been a common and effective practice in Latin America and Australia (Blake, 1961; Stover, 1972; Pinochet, 1986). However, hot water treatments are labour intensive and temperature and immersion times are critical and depend on the sucker or corm size (Gowen and Quénchervé, 1990). Therefore treatments of large number of plants require careful monitoring involving a good technology mastership.

The best means of avoiding contamination is to use nematode-free plants propagated through *in-vitro* techniques. Micropropagated plants are now one of the most common sources of planting material in most of the producing regions and should be the only type of planting material allowed when banana is grown in virgin soil. This technique requires a good nursery management so as to avoid contamination of plantlets through the soil in the bags. Soil may be sanitized by solarization (see above) or by heating, however the best solution is to use nematode-free substrates

such as sand or volcanic ashes from non cultivated areas, mixed with organic matter (coconut fibers, coffee pulp....).

Postplant measures

Depending on the efficiency of soil and plant sanitation, it may takes one to three crop cycles before nematode reach again significant a damage threshold (Sarah *et al.* 1983 ; Sarah, 1989 ; Mateille *et al.* 1992). As said before eradication is almost impossible, and sanitation is not always as effective as expected. Therefore, a post-plant crop protection programme must be considered.

Yield losses may be reduced through propping or guying of pseudostems to avoid toppling. However this techniques only suppress the consequences of nematode attacks, and cannot be considered truly as a control method. Improved drainage is also an important factor in reducing nematode damage in high rainfall regions, such as parts of Central America (Pinochet, 1986). In the same way, any measure which improves fertility and root development may increase plant tolerance to nematodes. Soil fertility is really a key factor by improving plant tolerance to nematode attacks (Sarah, 1995). Such measures include soil ploughing, or any related technique allowing the root system to develop better before planting, incorporation of organic matter in the soil, fertilization and irrigation. Organic matter has many positive actions. Firstly it brings essential nutrients and improves the water retention of soil. In addition, organic matter allows the development of soil microbionts, among which are natural antagonists of nematodes (see biological control). Furthermore organic matter may have a certain direct action against nematodes either through the production of toxic compounds (hydrocarbons, sulphides...) resulting from its decaying, or through the presence of alcaloids or phytoalexins in the original plants (e.g. *Ricinus communis*, *Azadirachta indica*, *Coffea canephora*...). Although data concerning their effectiveness on banana are still insufficient, the use of such amendments must be encouraged.

Mycorrhizae

Like many plants, bananas are dependant to some vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi which improve greatly their nutrition, especially under poor fertility conditions (Strullu, 1991 ; Declerck *et al.*, 1995). Furthermore VAM may play a role in the control of root pathogens, including nematodes (Umesh *et al.* 1988 ; Pinochet *et al.* 1996 ; Jaizme-Vega *et al.* 1997). The way VAM interact with root pathogen is not known, but they are supposed to increase the plant tolerance by improving nutrition, and they also may interact physically (site occupation) and/or have a suppressive effect on nematode reproduction. The possibility of *in-vitro* mass-production of VAM (Declerck *et al.* 1996a ; 1996b) may allow massive inoculation of young plantlets in nurseries. These plantlets could be then transplanted in the fields few months later with heavy VAM colonization of their roots which would provide a good protection against root pathogens, including nematodes.

Biological control

Plant parasitic nematodes have many natural enemies in the soil and studies on possible biological control have been undertaken for long. The first antagonists which were considered were the trapping fungi (*Arthrobotrys*, *Dactyllela*, *Dactylaria* etc...). However they were difficult to mass produce, and, furthermore, their efficiency in the soil was linked to quite strict soil characteristics (pH, organic matter, soil microfauna/flora...) (Cayrol, 1993 ; Davide, 1994). The several industrial attempts which were done were all unsuccessful.

A lot of research programs are currently carried on concerning the bacteria *Pasteuria penetrans*. Its endospores stick on the nematode cuticle, then they develop a germinative tube which penetrates into the nematode's pseudocoeloma and invade rapidly all the body, developing new spores (up to 2 million in one nematode). However the relationships between bacteria strains and nematode species or even biotypes appeared to be highly specific (Sayre et al, 1991 ; Cayrol et al. 1993). Therefore no applicable solution is likely to appear in the coming years.

Recently, an industrial formulation of a parasitic fungus, *Paecilomyces lilacinus*, was developed (Davide, 1994). *P. lilacinus* is a parasite of eggs, juveniles and adults, and given apparently promising results in Philippines.

Use of resistant plants

Resistance to burrowing nematode through genetic improvement has long been hindered by the difficulties in breeding banana (Menendez and Shepherd, 1975; Pinochet, 1988). However, new cellular and molecular banana improvement techniques may allow the natural limitations of traditional plant breeding to be circumvented in the future. Many research teams are now collaborating with the main breeding programs in developing cultivar resistance. 'Pisang Jari Buaya' (AA) has long been recognised as a source of resistance to burrowing nematode (Wehnt et al., 1978; Pinochet and Rowe, 1978; Pinochet and Rowe, 1979; Pinochet, 1988). Although its heritability has not been actually established (Stanton, 1994), this resistance has been incorporated into breeding lines which has led to the production of hybrids of commercial interest (Rowe and Rosales, 1994). It has been suggested that clones with large numbers of roots may exhibit a higher tolerance to nematode attacks and selection for this character should be a worthwhile breeding objective (Gowen, 1996).

Techniques for the early screening of germplasm in small pots have been developed (Pinochet, 1988; Sarah et al. 1992; Fogain, 1996). Such methods allow susceptible germplasm to be identified very rapidly. With inferior lines eliminated, only the most promising germplasm needs to be retained for final evaluation in relatively costly field trials (Price and McLaren, 1996).

Because of differences in pathogenicity among *R. similis* populations (Fallas et al., 1995 ; 1996), as well as the other nematode species able to parasitize and damage banana roots, efforts in breeding banana for broad resistance against all these pathogens will be extremely difficult (De

Waele, 1996). As a first step, potentially valuable banana cultivars are being evaluated against local populations of the burrowing nematode in each ecological zone in studies co-ordinated by INIBAP. Recent development in the research of resistance mechanisms to *R. similis* have shown that phenolic compounds, especially some tannins and flavonoids, could be involved in reducing nematode progression into banana tissues and their multiplication within these tissues (Mateille 1994; Valette et al., 1996; 1997). A better knowledge of mechanisms involved in *Musa* resistance to nematodes, leading to the identification of dominant genes involved, would be undoubtedly helpful for the breeding programs.

Conclusions

Production of organic bananas is possible through a good integrated management of cultural practices. In regions and cultural systems where replanting is frequent, soil sanitation and use of nematode-free plants is of primary importance. In all cases, a good management of soil fertility during the crop cycle, is essential, especially water monitoring and organic matter amendments.

In this context, research must be encouraged so as to :

- > find the best cover-crops allowing to control nematodes ;
- > improve and rationalize supplies of organic matter and especially that resulting from plants having antagonistic properties (alcaloids or phytoalexins).
- > find alternative measures for plant sanitation in situations where in-vitro plantlets are not yet, or not expected to be, used routinely.

Promising alternative control techniques are expected from biological control, use of root symbionts, and plant breeding for resistance. The latter is currently the most active and supported topic and some resistant cultivars have been already implemented. In addition, perspectives for beneficial transgenic approaches are highly interesting. Some programs have been initialized on mycorrhizae-nematode interactions, and within two-three years we would have some answers concerning the potentiality of VAM for nematode control. Biological control *sensu stricto* (use of living antagonists) is more complex a problem as far as soil pathogens, especially endoparasites, are concerned. However in no case this should be a pretext for dejection of research programs, which, on the contrary, must be encouraged.

In any case, the complexity of nematode communities hinders the efficiency and the durability of many control methods. Agrosystems and the accompanying pests are in permanent evolution and any control measure will induce, more or less rapidly, changes in the species/pathotypes complex. Only a permanent and close feed-back collaboration between producer and scientists communities can allow to adapt the control method continuously considering the specificities of every local situations.

References

- Adiko, A. (1988) Plant-parasitic nematodes associated with plantain, *Musa paradisiaca* (AAB), in the Ivory Coast. *Revue de Nématologie* 11, 109-113.
- Blake, C.D. (1961) Root rot of banana caused by *Radopholus similis* (Cobb) and its control in New South Wales. *Nematologica* 6, 295-310.
- Blake, C.D. (1966) The histological changes in bananas roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. *Nematologica* 12, 129-137.
- Bridge, J. (1988) Plant nematode pests of banana in East Africa with particular reference to Tanzania. In: *Nematodes and the Borer Weevil in Bananas, Proceedings of an INIBAP Workshop, Bujumbura, Burundi, 1987*. INIBAP, Montpellier, France, pp. 35-39.
- Bridge, J. (1993) Worldwide distribution of the major nematode parasites of bananas and plantains. In: Gold, C.S. and Gemmel, B. (eds) *Proceedings of Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pests and Diseases in Africa, Cotonou, Bénin, 12-14 November 1991*. The Printer, Davis, California, USA, pp.195-198.
- Caveness, F.E. and Badra, T. (1980) Control of *Helicotylenchus multicinctus* and *Meloidogyne javanica* in established plantain and nematode survival as influenced by rainfall. *Nematropica* 10, 10-14.
- Cayrol, J.C., Djian-Caporalino, C., Panchaud-Mattei, E. (1992) La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Courrier de la cellule environnement de l'INRA*, 17, 31-44.
- Davide R.G. (1994) Biological control of banana nematodes : development of Biocon I (Bioact and Biocon II technologies. In: Valmayor, R.V., Davide, R.G., Stanton, J.M., Treverrow, N.L. and Roa, V.N. *Banana nematodes and weevil borers in Asia and Pacific. Serdang Selangor, Malaysia, 18-22 april 1994*. INIBAP/ASPNET, Los Baños, Philippines, pp. 139-146.
- Declerck, Plenchette, C., Strullu, D.G. (1995) Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. *Plant and Soil* 176, 183-187.
- Declerck, S., Strullu, D.G., Plenchette, C. (1996)a In vitro mass production of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus versiforme* associated with Ri T-DNA transformed carrot roots. *Mycological Research* 100, 1237-1242.
- Declerck, S., Strullu, D.G., Plenchette, C., Guillemette, T. (1996)b. Entrapment of in vitro produced spores of *Glomus versiforme* in alginate beds : in vitro and in vivo inoculum potential. *Journal of biotechnology* 48, 51-57.
- De Guiran, G., Vilardebo, A. (1961) Le banaier aux îles Canaries. VI. Les nématodes parasites. *Fruits* 17, 263-277.
- De Waele, D. (1996) Plant resistance to nematodes in other crops : relevant research that may be applicable to *Musa*. In: Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka. Proceedings of the workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, 2-5 October 1995*. IPGRI, CIRAD, MARDI, INIBAP, pp. 108-118.
- Fallas, G., Sarah, J.L., Fargette, M., (1995) Reproductive fitness and pathogenicity of eight *Radopholus similis* isolates on banana plants (*Musa* AAA, cv. Poyo). *Nematropica* 25, 135-141.
- Fallas, G., Hahn, M., Fargette, M., Burrows, P., Sarah, J.L., (1996). Molecular and biochemical diversity among isolates of *Radopholus similis* from different areas of the world. *Journal of Nematology* 28, 422-430.
- Fogain, R. (1996) Screenhouse evaluation of *Musa* for susceptibility to *Radopholus similis*: evaluation of Plantains AAB and diploids AA, AB and BB. In: Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka. Proceedings of the Workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, 2-5 October 1995*. IPGRI, CIRAD, MARDI, INIBAP, pp. 79-88.
- Giblin-Davis, R., Verdake, S.D. (1988) Solarization for nematode disinfestation of small volumes of soils. *Annals of Applied Nematology* 2, 41-45.
- Gowen S.R. (1975) Improvement of banana yields with nematicides. *Proceedings 8th British Insecticide and Fungicide Conference, Brighton 1975*, pp. 121-125.
- Gowen S.R. (1996) The source of nematode resistance, the possible mechanisms and the potential for nematode tolerance in *Musa*. In: Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka, Proceedings of the Workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, 2-5 October 1995*. IPGRI, CIRAD, MARDI, INIBAP, pp. 108-118.
- Gowen, S. and Quénehervé, P. (1990) Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. In: Luc, M., Sikora, R. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB, London, UK. pp. 431-460.
- Jaizme-Vega, M.C., Tenoury, P., Pinochet, J., Jaumot, M. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. *Plant and Soil* 196, 27-35.
- Jones R.K. and Milne D.L. (1982) Nematode pests of bananas. In: Keetch, D.P. and Heyns J. (eds). *Nematology in Southern Africa*. Pretoria, Republic of South Africa. pp. 30-37.
- Katan, J., (1981) Solar heating (solarization) of soil for control of soil-borne pests. *Annual Review of Phytopathology* 19, 211-236.
- Loos, C.A. (1961) Eradication of the burrowing nematode, *Radopholus similis*, from bananas. *Plant Disease Reporter* 29, 43-52.
- Mc Sorley, R., Parrado, J.L. (1986) *Helicotylenchus multicinctus* on bananas : an international problem. *Nematropica* 16, 73-91.
- Maas, P.W.T. (1969) Two important cases of nematode infestation in Surinam In: Peachey, J.E. (Ed.) *Nematodes of tropical crops*. Commonwealth Agricultural Bureaux, St Albans, England. pp. 149-154.
- Mateille, T., Foncelle, B. and Ferrer, H. (1988) Lutte contre les nématodes du bananier par submersion du sol. *Revue de Nématologie* 11, 235-238.
- Mateille, T., Adjovi, T., Hugon, R. (1992) Techniques culturales pour la lutte contre les nématodes du bananier en Côte d'Ivoire : Assainissement du sol et utilisation de matériel sain. *Fruits*, 47, 281-290.
- Mateille, T., Quénehervé, P., Hugon, R. (1994) The development of plant-parasitic nematode infestations on micro-propagated banana plants following field control measure in Côte d'Ivoire. *Annals of Applied Biology* 125, 147-149.
- Melin, P., Plaud, G., and Tézenas du Montcel, H. (1976) Influence des nématodes sur la culture du plantain. *Fruits* 31, 688-691.

- Menendez, T. and Shepherd, K. (1975) Breeding new bananas. *World Crops* 27, 104-112.
- Milne, D.L. and Keetch, D.T. (1976) Some observations on the host plant relationships of *Radopholus similis* in Natal. *Nematropica* 6, 13-17.
- Minz, G., Ziv, D. and Strich-Harari, D. (1960) Decline of banana plantations caused by spiral nematode in the Jordan valley and its control by DBCP. *Ktavim*, 10, 147-157.
- Pinochet, J. (1977) Occurrence and spatial distribution of root-knot nematodes on bananas and plantains in Honduras. *Plant Disease Reporter* 61, 518-520.
- Pinochet, J. (1986) A note on nematode control practices on bananas in Central America. *Nematropica* 16, 197-203.
- Pinochet, J. (1988) Comments on the difficulty in breeding bananas and plantains for resistance to nematodes. *Revue de Nématologie* 11, 3-5.
- Pinochet J. and Rowe, P.R. (1978) Reaction of two banana cultivars to three different nematodes. *Plant Disease Reporter* 62, 727-729.
- Pinochet, J. and Rowe, P.R. (1979) Progress in breeding for resistance to *Radopholus similis* in banana. *Nematropica* 9, 76-78.
- Pinochet, J., Fernandez, C., Jaizme-Vega, M.C., Tenoury, P. (1996) Micropropagated banana infected with *Meloidogyne javanica* responds to *Glomus intraradices* and phosphorus. *Hortscience* 32, 101-103.
- Price, N.S. (1994) Field trial evaluation of nematode susceptibility in Musa. *Fundamental and Applied Nematology* 17, 391-396.
- Price, N.S. and Bridge, J. (1995) *Pratylenchus goodeyi* a plant parasitic nematode of the montane highlands of Africa. *Journal of African Zoology*, 6, 435-442.
- Price, N.S. and Mc Laren, C.G. (1996) Techniques for field screening of Musa germplasm. In: Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka, Proceedings of the Workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, 2-5 October 1995*. IPGRI, CIRAD, MARDI, INIBAP, pp. 87-107.
- Quénéhervé, P. and Cadet P. (1985) Etude de la dynamique de l'infestation en nématodes transmis par les rhizomes du bananier cv Poyo en Côte-d'Ivoire. *Revue de Nématologie*, 8, 257-263.
- Rodriguez-Kabana, R. (1992) Cropping systems for the management of phytonematode. In: Gommers, F.J. and Maas, P.W.T. (eds) *Nematology from molecule to ecosystems*. Wilderwink, The Netherlands, pp. 219-233.
- Rowe, P. and Rosales F. (1994) Musa breeding at FHIA. In: Jones D.R. (ed.). *The Improvement and Testing of Musa : a Global Partnership*. INIBAP, Montpellier, France. pp. 117-129.
- Sarah, J.L., Lassoudière, A. and Guérout, R. (1983) La jachère nue et l'inondation du sol, deux méthodes intéressantes de lutte intégrée contre *Radopholus similis* dans les sols tourbeux de Côte d'Ivoire. *Fruits*, 38, 35-42.
- Sarah, J.L. (1985) Les nématodes des bananiers plantains en Côte d'Ivoire. In: *La Coopération Internationale pour une Recherche Efficace sur le Plantain. Proceedings of the Third Meeting of the International Association for Research on Plantain and Banana*. Abidjan, Côte d'Ivoire, 27-31 mai 1985, pp 89-93.
- Sarah, J.L. (1989) Banana nematodes and their control in Africa. *Nematropica* 19, 199-216.
- Sarah, J.L. (1995) Les nématodes phytoparasites, une composante de la fertilité du milieu. In: Pichot, J., Sibelet, N. and Lacoëuilhe, J.J. (eds) *Fertilité du milieu et stratégies paysannes*, Montpellier, France, 13-17 novembre 1995. CIRAD, Montpellier, France, pp. 180-188.
- Sarah, J.L., Blavignac, F., Sabatini, C. and Boisseau, M. (1992) Une méthode de laboratoire pour le criblage variétal des bananiers vis-à-vis des nématodes. *Fruits* 45, 35-42.
- Strullu, D.G. (1991) Les relations entre les plantes et les champignons. In: Strullu, D.G., Garbaye J., Perrin, R. and Plenchette, C. (eds), *Les Mycorhizes des Arbres et Plantes Cultivées*, Lavoisier, Paris, pp. 9-49.
- Stanton, J.M. (1994) Status of nematode and weevil borer affecting banana in Australia. In: Valamayar, R., Davide, R.G., Stanton, J.M., Treverrow, N.L. and Roa, V.N., (eds) *Banana Nematode and Weevil Borers in Asia and the Pacific. Serdang Selangor, Malaysia, 18-22 April 1994*. INIBAP/ASPNET, Los Baños, Philippines, pp. 48-56.
- Stover R.H. (1972) *Banana Plantain and Abaca Diseases*. Kew: Commonwealth Mycological Institute: 316p.
- Ternisien, E. and Melin, P. (1989) Etude des rotations culturales en bananeraies. *Fruits* 44, 373-383.
- Umesh, K.C., Krishnappa, K. and Bagyaraj, D.J. (1988) Interaction of burrowing nematode, *Radopholus similis* and VA mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* in banana. *Indian Journal of Nematology* 18, 6-11.
- Valette, C., Andary, C., Mondolot-Cosson, L., Boisseau, M., Geiger, J.P., Sarah, J.L. and Nicole, M. (1996) Histochemistry and cytochemistry of phenolic compounds in banana roots following infection with the nematode *Radopholus similis*. *Proceedings of Third International Nematology Congress. Gosier, Guadeloupe, 7-12 juillet 1996. (Abstract)*.
- Valette, C., Nicole, M., Sarah, J.L., Boisseau, M., Boher, B., Fargette, M. and Geiger, J.P. (1997) Ultrastructure and cytochemistry of interactions between banana and the nematode *Radopholus similis*. *Fundamental and Applied Nematology* 20, 65-77.
- Wehnt, E.J. and Edwards, E.I. (1968) *Radopholus similis* and other species on bananas. In: Grover, C. and Perry, V.G. (eds.) *Tropical Nematology*. Florida, USA. pp. 1-19
- Wehnt, E.J., Hutchinson, D.J. and Edwards, E.I. (1978). Reaction of banana cultivars to the burrowing nematode (*Radopholus similis*). *Journal of Nematology*. 10,

